

REPUBLIQUE DU SENEGAL

-----  
Un Peuple – Un But – Une Foi  
-----

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar  
-----

**École Supérieure Polytechnique**



**Laboratoire Eau-Énergie-Environnement-Procédés Industriels (LE3PI)**

---

Convention relative aux subventions locales

N° de la convention : 83357007

Contribution à la création d'un écosystème favorable au développement d'activités productives s'appuyant sur la formation, la recherche et le soutien technique des différents acteurs

-----  
N° Projet :15.2217.6-001.00

Rapport Final sujet 6

-----  
Octobre 2021

**SUJET DE RECHERCHE 6:**  
**ÉTUDE DE CONCEPTION D'UN MOULIN SOLAIRE ADAPTE AU CONTEXTE SÉNÉGALAIS POUR SATISFAIRE LES BESOINS LOCAUX**

Travail réalisé par Talaké Chadrack ABLY sous la supervision de :  
Mamadou Lamine NDIAYE, Mouhamadou Falilou NDIAYE et Vincent SAMBOU

**GIZ-P.E.D.**

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**PED**

Programmes-Energies-Durables

## Sommaire

Introduction.....	3
I. Présentation du projet .....	4
II. Démarche méthodologique adoptée.....	5
II.1. Tests sur les moulins .....	5
II.2. Composition des kits solaires .....	6
III. Résultats et discussions.....	7
III.1. Résultats des tests à vide.....	7
III.2. Résultats des essais en charge.....	10
III.2.1. Décortiqueuses .....	10
III.2.2. Moulin.....	11
III.3. Dimensionnement du système solaire du moulin .....	13
III.3.1. Estimation de la consommation énergétique journalière pour les équipements productifs .....	13
III.4. Capacité crête du générateur PV .....	13
III.5. Choix des équipements .....	14
III.5.1. Système de commande du moteur du moulin .....	14
III.5.2. Proposition de kits.....	15
IV. Recommandations.....	18
Conclusion .....	19

## Liste des figures

Figure 1. 1:moulin électrique.....	4
Figure 1. 2 : décortiqueuse électrique .....	4
Figure 2. 1: Schéma synoptique de tests à vide .....	6
Figure 2. 2 : schéma synoptique du kit proposé.....	7
Figure 3. 1 : courants de démarrage de la décortiqueuse 2.....	8
Figure 3. 2 : Courants de démarrage 2 du moulin.....	8
Figure 3. 3: courbe de puissance pendant le décorticage.....	10
Figure 3. 4 : Courbes de puissance pendant la mouture de céréales .....	12

## Liste des tableaux

Tableau 1. 1 : plaque signalétique des moteurs .....	5
Tableau 3. 1 : résultats des essais à vide .....	8
Tableau 3. 2 : débits de sortie et puissance des décortiqueuses.....	10
Tableau 3. 3 : débits de sortie du moulin .....	13
Tableau 3. 4 : consommation énergétique du moulin .....	13
Tableau 3. 5 : puissances crête du champ solaire en fonction du nombre d'heures de fonctionnement .....	14
Tableau 3. 6 : définition des kit solaires .....	14
Tableau 3. 7 : comparaison en un démarreur et un variateur de vitesse .....	15
Tableau 3. 8 : dimensionnement du kit 4.....	16

## Introduction

Dans la plupart des villages la mouture des céréales (mil, riz, etc.) se fait dans le village équipé d'un moulin au diesel ou moulin électrique raccordé au réseau électrique le plus proche. Cela implique un coût de mouture assez élevé lorsque l'on prend en compte le transport et le prix du kWh en milieu rural.

Les moulins à graines et décortiqueuses constituent un des équipements productifs les plus utilisés pour accompagner la transformation des produits agricoles. Ils permettent d'alléger le travail domestique des femmes, de gagner du temps, de développer des activités génératrices de revenus et de contribuer au développement du milieu rural. Au Sénégal il existe plusieurs typologies de moulins caractérisés par des technologies énergivores et souvent disproportionnés par rapport aux besoins locaux.

Force est de constater une disponibilité permanente et abondante de la ressource solaire dans ces pays sur toute l'année avec une irradiation globale de 5,8 kWh /m<sup>2</sup>/jour

Cette ressource énergétique disponible abondamment et gratuitement peut être une alternative pour palier au déficit énergétique au quel fait face les zones rurales de ses pays africain et plus précisément elle peut servir de source d'énergie pour l'alimentation des moteurs électriques des broyeurs à céréales.

## I. Présentation du projet

Ce sujet de recherche portant sur l'étude et conception d'un moulin solaire adapté au contexte sénégalais pour satisfaire les besoins locaux, est né d'un partenariat entre la GIZ et l'École Supérieure Polytechnique (ESP) de l'UCAD. Les différentes contributions de l'ESP dans le cadre de ce travail permettront d'optimiser la conception, la fabrication et/ou la rentabilité des moulins à graines.

L'objectif global de ce travail est de répondre aux questions suivantes :

Est-il possible d'adapter les technologies par rapport aux besoins locaux pour d'optimiser la consommation énergétique des moulins ?

Concevoir un système solaire et déterminer quels ajustements sur les machines pour élaborer des kits solaires permettant d'alimenter les moulins ?

Quelles recommandations aux fournisseurs locaux pour une meilleure rentabilité technico-économiques pour les fabricants et les utilisateurs ?

Les figures 1.1 et 1.2 montrent respectivement le moulin et les décortiqueuses utilisés dans le cadre de cette étude.



*Figure 1. 1:moulin électrique*



*Figure 1. 2 : décortiqueuse électrique*

Le tableau 1.1 donne les informations des plaques signalétiques des moteurs électriques couplés aux moulins.

*Tableau 1. 1 : plaque signalétique des moteurs*

	<b>Moteur moulin</b>	<b>Moteur décortiqueuse</b>
<b>Alimentation</b>	Monophasé	Monophasé
<b>Puissance mécanique</b>	2200 W	2200 W
<b>Tension</b>	220/240 V	220 V
<b>Courant</b>	13.7 A	13.9
<b>Fréquence</b>	50/60 Hz	50 Hz
<b>Vitesse</b>	2900-3000 tr/min	1480 tr/min
<b>Bruit</b>	65 dB	--
<b>Rendement</b>	77 %	75 %
<b>Classe d'efficacité</b>	IE1	IE1
<b>Type de service</b>	S1	S1

## **II. Démarche méthodologique adoptée**

Pour atteindre ces objectifs la démarche méthodologique adoptée est déclinée en 4 étapes :

1. Étudier les différentes gammes de puissance des moulins
  - Mesurer les débits de mouture pour chaque céréale.
  - Mesurer les performances électromécaniques du moulin lors des différents tests.
  - Comparer les performances enregistrées avec celles fournies par le constructeur.
  - Faire une analyse des données enregistrées lors des tests.
2. Dimensionner des kits solaires adaptés à l'alimentation de chaque type de besoin
  - Faire un dimensionnement et choix des équipements du kit solaire adapté au fonctionnement du moulin
  - Proposer des correctifs ou équipements à ajouter au système pour un meilleur fonctionnement
3. Faire des recommandations aux fabricants pour l'élaboration de kits de moulins solaires adaptés aux besoins locaux.
4. Montrer que la recommandation apporte un gain sur le fonctionnement et la productivité.

### **II.1. Tests sur les moulins**

Les tests ont été effectués suivant le schéma synoptique à la figure 2.1. Un analyseur de réseau est branché aux bornes du moteur pour recueillir les caractéristiques électriques pendant les différents tests effectués. Les différents tests effectués sont :

- Test de fonctionnement à vide :
  - Fonctionnement à vide du moteur électrique (sans croie)
  - Fonctionnement à vide de l'ensemble de l'équipement de production
- Test de fonctionnement en charge :
  - Moulin : le maïs, le haricot, le riz, le sorgho, le mil.
  - Décortiqueuses : arachide en coque.

Les tests en charge sont réalisés avec des échantillons de céréales de 5 kg. La valve d'entrée est réglée à son maximum.

Ces différents tests permettent de déterminer les pertes et ainsi que l'efficacité des équipements productifs.

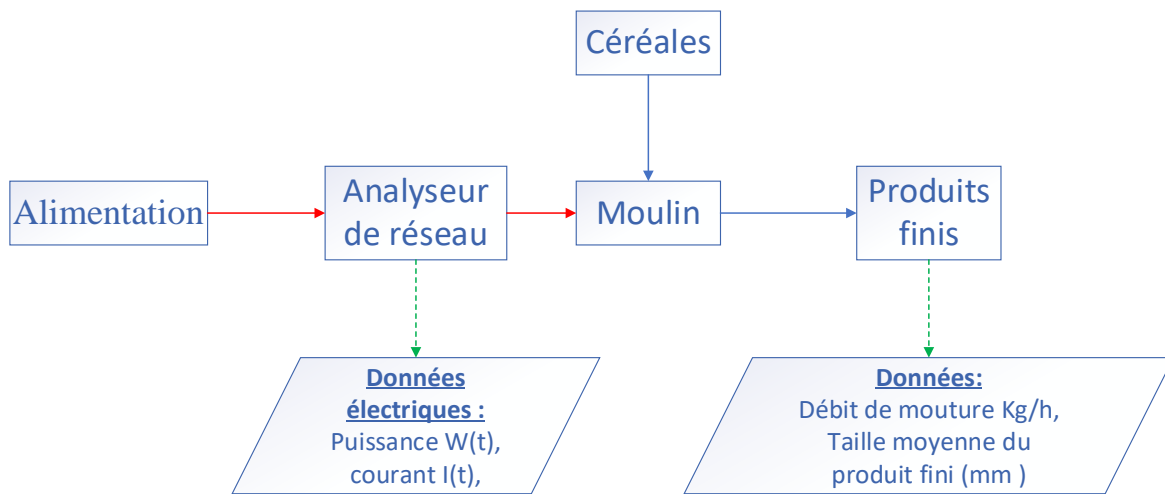


Figure 2. 1: Schéma synoptique de tests à vide

## II.2.Composition des kits solaires

La figure 2.2 présente la composition des kits solaires qui sont constitués de panneaux solaires, régulateur de charge, onduleur, système de commande du moulin et le Moulin électrique.

La composition du kit dépend de l'utilisation. Le temps d'utilisation des moulins varie de 1 à 8 h de temps par jour.

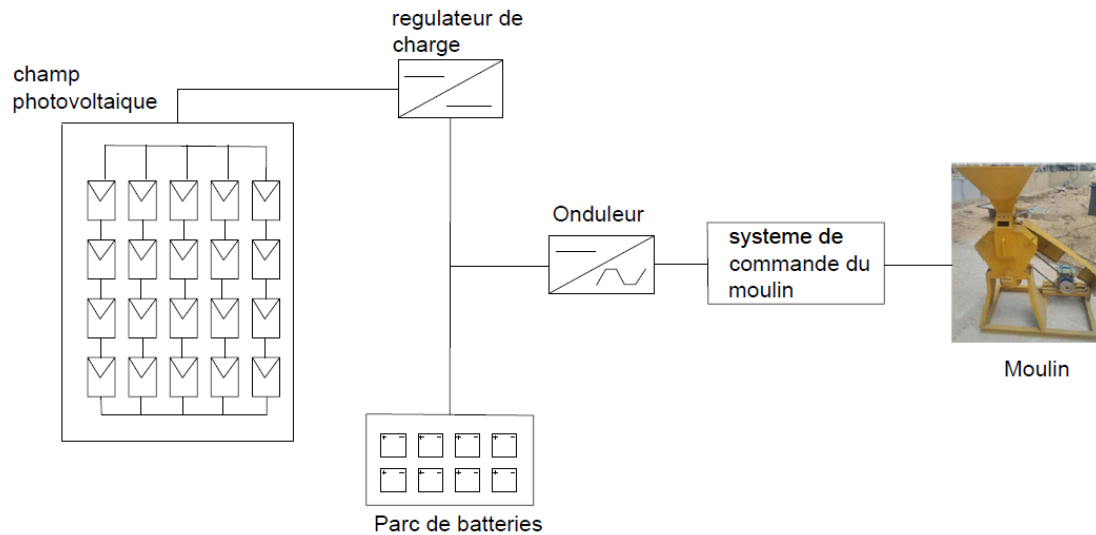


Figure 2. 2 : schéma synoptique du kit proposé

### III. Résultats et discussions

#### III.1. Résultats des tests à vide

Pour chaque équipement productif plusieurs test à vide ont été effectués pour pouvoir juger de l'incertitude de mesure et des indicateurs de dispersion.

Les figures 3.1 et 3.2 donnent les valeurs des courants de démarrage des différents équipements productifs sur 26 essais réalisés.

Le tableaux 3.1 donne les courants de démarrage et les puissances absorbées en régime permanent des équipements productifs sur 26 essais réalisés.



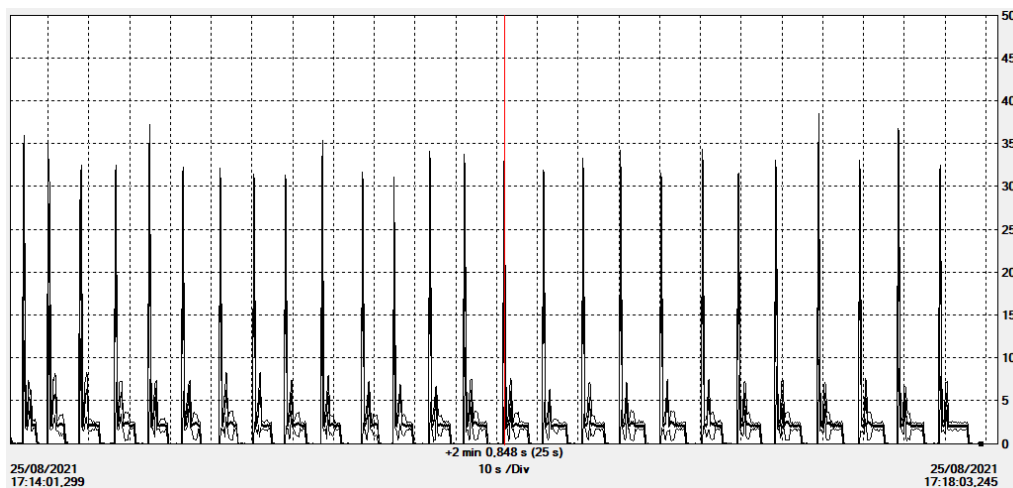


Figure 3. 1 : courants de démarrage de la décortiqueuse 2

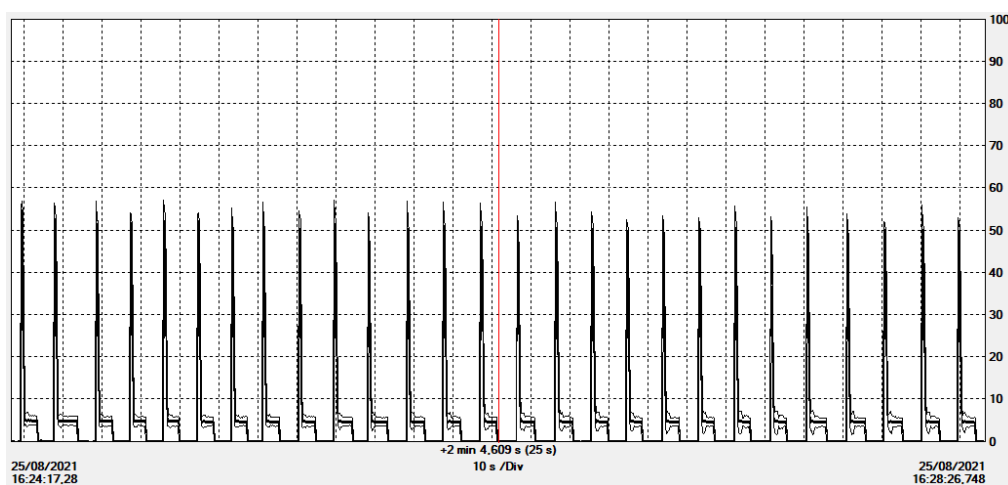


Figure 3. 2 : Courants de démarrage 2 du moulin

Tableau 3. 1 : résultats des essais à vide

	Moteur électrique	Equipement productif	
	Puissance en régime permanent (W)	Courant de démarrage (A)	Puissance en régime permanent (W)
<b>Décortiqueuse 1</b>			
<b>Moyenne</b>	188	-	344.05
<b>Etendue de dispersion</b>	[183 - 191]	[ - ]	[339 - 352]

<b>Ecart - type</b>	2.22		3.04
<b>Décortiqueuse 2</b>			
<b>Moyenne</b>	314.05	32.22	466.3
<b>Etendue de dispersion</b>	[301 - 338]	[32 – 38.5]	[449 – 488]
<b>Ecart - type</b>	11.82	0.97	9.3
<b>Moulin</b>			
<b>Moyenne</b>	389	53	938.15
<b>Etendue de dispersion</b>	[378 – 398]	[51.82 – 57.24]	[890 - 1031]

Nous n'avons pas pu faire les tests pour les courants de démarrage de la décortiqueuse 1 car une surchauffe du moteur durant les tests a été notée.

A partir du tableau 3.1, on remarque donc l'influence du système mécanique des équipements productifs sur la puissance absorbée du moteur en régime permanent et aussi un courant de démarrage du moteur très élevé.

La consommation à vide de la décortiqueuse 1 de 15.64 % de la puissance nominale du moteur et l'entraînement à vide du système mécanique du moulin demande une puissance 156 W.

La consommation à vide moyenne de la décortiqueuse 2 de 21,2 % de la puissance nominale du moteur et l'entraînement à vide du système mécanique du moulin demande une puissance 152.25 W. La consommation moyenne en puissance de la décortiqueuse 2 à vide élevée par rapport à celui de la décortiqueuse 1.

La consommation à vide moyenne du moulin de 42.64 % de la puissance nominale du moteur et l'entraînement à vide du système mécanique du moulin demande une puissance 549.15 W. la consommation à vide du moulin est particulièrement élevée.

## III.2. Résultats des essais en charge

### III.2.1. Décortiqueuses

La figure 3.3 montre les courbes de puissance pendant le décortiquage de l'arachide en coque pour les décortiqueuses 1 et 2.

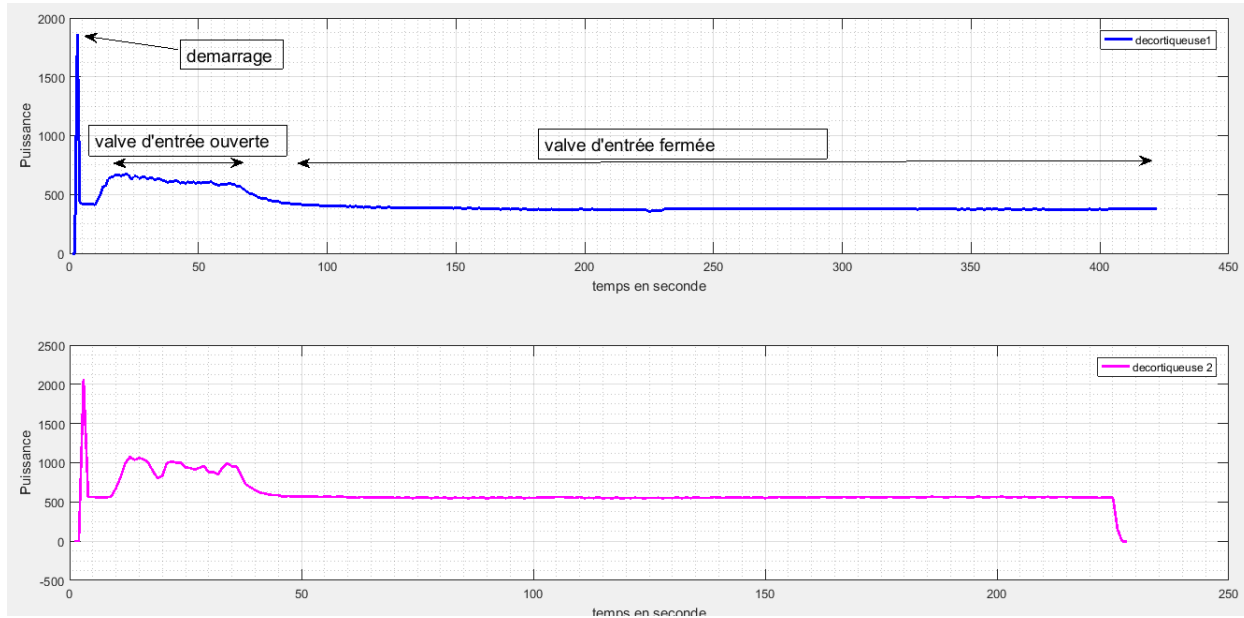


Figure 3. 3: courbe de puissance pendant le décortiquage

Le tableau 3.2 donne les débits de décortiquage des arachides en coque et un récapitulatif des puissances obtenues lors des différentes étapes de décortiquage.

Tableau 3. 2 : débits de sortie et puissance des décortiqueuses

	Puissance vanne d'entrée ouverte (W)	Puissance vanne d'entrée fermée (W)	Débit de sortie (kg/h)
<b>Décortiqueuse 1</b>	669	377	96
<b>Décortiqueuse 2</b>	1037	562	90

L'analyse des courbes de puissances pendant le décortiquage, nous montre que la puissance est élevée pendant que l'arachide en coque passe par la vanne d'entrée pour rentrer dans la chambre de décortiquage, baisse et se stabilise après que le réservoir d'entrée soit vidé.

La décortiqueuse 2 est plus énergivore par rapport à la décortiqueuse 1 pour un même débit de mouture. La différence notée entre les deux décortiqueuses de même puissance et de même fabricant peut s'expliquer par :

- l'absence de standardisation ;
- des problèmes notés sur l'un des enroulement de la décortiqueuse 1.

La puissance pendant le décortiquage est inférieure à la puissance nominale du moteur ce qui indique un surdimensionnement des moteurs pour les décortiqueuses.

### **III.2.2. Moulin**

La figure 3.4 donne les courbes de puissance du moulin en fonction des céréales pendant la mouture. Les céréales moulues sont le haricot, le maïs, le mil, le sorgho et le riz.

La puissance disponible pour l'entraînement du moulin étant limité, si le couple antagoniste dû au processus de mouture est supérieur au couple moteur pendant un certain temps, le moulin se bloque.

Le bourrage du moulin entraîne une surcharge du moteur. Pour éviter que le moteur ne soit endommagé, le disjoncteur en amont ouvre le circuit. Les intervalles de temps correspondants aux puissances nulles correspondent aux périodes où le disjoncteur s'ouvre. Dans ce cas, on retire les céréales de la zone de broyage avant de pouvoir redémarrer le moulin.

De courtes pointes de puissances supérieures à la puissance nominale du moteur n'ont pas entraîné le blocage du moteur en raison du moment d'inertie de la meule qui agit comme un volant d'inertie, fournissant ainsi une certaine quantité d'énergie cinétique.

La puissance absorbée dépend principalement des conditions de chargement. Pendant le processus de mouture, l'amplitude des pics étaient beaucoup plus élevées par rapport aux valeurs nominales. Ceci est dû à la variation de l'orientation des grains dans la zone de broyage, à la non-uniformité du débit d'alimentation ainsi qu'aux différentes tailles et fragilités des grains. Comme les pics de puissances ne se sont produits que pendant de très courtes périodes le fonctionnement général n'a pas été affecté, car l'énergie cinétique des meules en rotation était suffisante pour surmonter les pics.

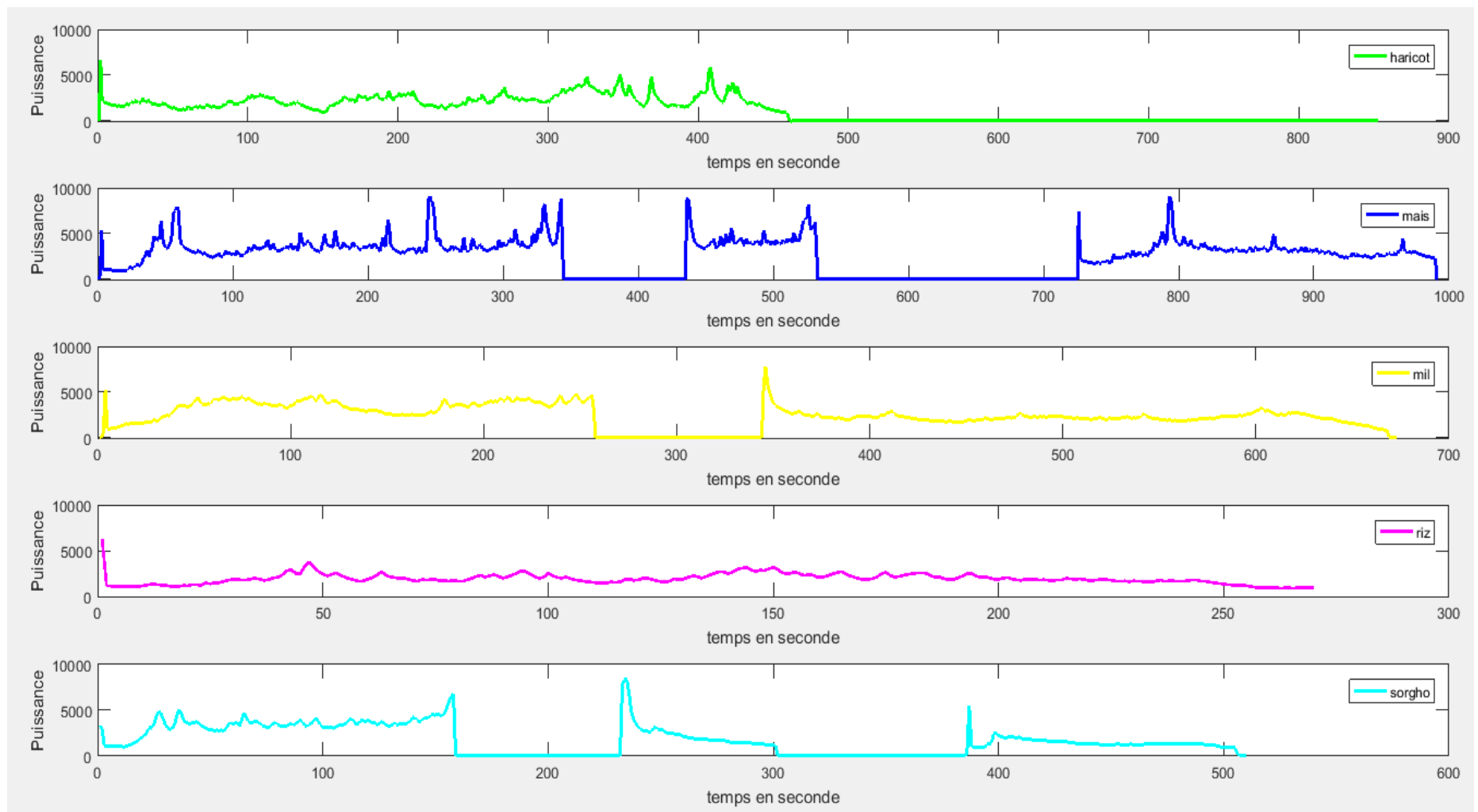


Figure 3. 4 : Courbes de puissance pendant la mouture de céréales

Les débits de sortie du moulin en fonction des céréales sont résumés dans le tableau 3.3

*Tableau 3. 3 : débits de sortie du moulin*

	Débit de sortie (kg/h)
Haricot	39
Mais	26.19
Mil	31.87
Riz	68.56
Sorgho	56.11

Les différentes valeurs de débits peuvent s'expliquer par les différentes tailles et résistances des céréales.

### **III.3. Dimensionnement du système solaire du moulin**

#### **III.3.1. Estimation de la consommation énergétique journalière pour les équipements productifs**

Pour estimer les besoins énergétiques journalière pour la mouture des céréales, on se base sur consommation énergétique pendant la mouture des céréales et on extrapole sur le nombre d'heures de fonctionnement journalier. Le tableau 3.4 donne les besoins énergiques pour la mouture des céréales.

*Tableau 3. 4 : consommation énergétique du moulin*

	Temps de mouture (s)	Consommation énergétique (kWh)	Estimation de consommation énergétique en 1h de fonctionnement (kWh)
Haricot	462	0.289	2.25
Mais	688	0.462	2.42
Mil	565	0.444	2.83
Riz	263	0.145	1.99
Sorgho	321	0.243	2.73

### **III.4. Capacité crête du générateur PV**

Les puissances crête dans le tableau 3.5 donnent les puissances crête du champ solaire pour satisfaire les besoins. elles sont calculées en fonction en fonction du nombre d'heures de fonctionnement du moulin. La base de calcul est une Irradiation Moyenne mensuelle égale à 5 kWh/m<sup>2</sup>.J et le coefficient de productivité du système 0.75

*Tableau 3. 5 : Puissances crêtes du champ solaire en fonction du nombre d'heures de fonctionnement*

	<b>Puissance crête (kWc) du champ solaire en fonction du nombre d'heures de fonctionnement</b>							
	<b>1 h</b>	<b>2 h</b>	<b>3 h</b>	<b>4 h</b>	<b>5 h</b>	<b>6 h</b>	<b>7 h</b>	<b>8 h</b>
<b>Haricot</b>	0,64	1,29	1,93	2,57	3,21	3,86	4,50	5,14
<b>Mais</b>	0,69	1,38	2,07	2,77	3,46	4,15	4,84	5,53
<b>Mil</b>	0,81	1,62	2,43	3,23	4,04	4,85	5,66	6,47
<b>Riz</b>	0,57	1,14	1,71	2,27	2,84	3,41	3,98	4,55
<b>Sorgho</b>	0,78	1,56	2,34	3,12	3,90	4,68	5,46	6,24

En fonction du nombre d'heure de fonctionnement du moulin, on constate que les puissances crête requise pour la mouture de chaque céréale sont assez proches. On peut donc définir les kits en fonction du nombre d'heures de fonctionnement du moulin.

### **III.5. Choix des équipements**

Le dimensionnement et le choix des équipements se fera en fonction de la puissance crête la plus élevée. Les kits solaires sont définis dans le tableau 3.6 en fonction les heures de fonctionnement et les autonomies pour le stockage. L'activité de production se faisant le jour une bonne corrélation avec la disponibilité de l'ensoleillement permet de limiter l'autonomie à la moitié du temps de fonctionnement des moteurs.

*Tableau 3. 6 : Besoins des kit solaires*

	<b>Kit 1</b>	<b>Kit 2</b>	<b>Kit 3</b>	<b>Kit 4</b>	<b>Kit 5</b>	<b>Kit 6</b>	<b>Kit 7</b>	<b>Kit 8</b>
<b>Heure de fonctionnement</b>	1 h	2 h	3h	4h	5h	6 h	7h	8h
<b>Puissance crête PV</b>	0,81 kWc	1,62 kWc	2,43 kWc	3,23 kWc	4,04 kWc	4,85 kWc	5,66 kWc	6,47 kWc
<b>Autonomie proposée sur les batteries</b>	30min	1 h	1h 30 min	2 h	2h 30 min	3 h	3h 30min	4 h

#### **III.5.1. Système de commande du moteur du moulin**

Les tests montrent que la mise sous tension du moteur électrique provoque un fort appel de courant et d'importantes chutes de tension, le risque de coup de bélier sur le moteur lors du démarrage et de l'extinction des moteurs.

Il est important de limiter ces courants de démarrage et les coups de béliers. Pour ce faire, deux solutions sont retenues.

- Démarreur progressif électronique :
- Variateur de vitesse électronique

Le tableau 3.7 donne un résumé des applications, les points communs et différences entre un démarreur progressif et un variateur de vitesse

*Tableau 3. 7 : Comparaison entre un démarreur et un variateur de vitesse*

<b>Fonctionnalité</b>	<b>Démarreur Progressif</b>	<b>Variateur de vitesse</b>
Tension, courant et couples réduits au démarrage	Oui	Oui
Capacités à vitesse lente	Limitées	Oui
L'application a-t-elle besoin de temps de démarrage et d'arrêt précis ?	Limité	Oui
Taille	Plus petit	Plus grand
Coût initial	Plus bas	Plus élevé
Couple nominal à vitesse nulle	Non	Oui
Régulation de vitesse	Non	Oui
Economie d'énergie	Non	Oui

Par rapport au cas de la mouture des céréales, le démarreur progressif électronique est choisi pour les raisons suivantes :

- Non nécessité de réguler la vitesse de rotation du moteur pour la mouture des céréales
- Avantage économique du démarreur sur le variateur de vitesse.

### **III.5.2. Proposition de kits**

Le tableau 3.8 présente une proposition sur la composition de chaque kit.



*Tableau 3. 8 : Exemple de choix pour la composition de chaque kit*

	<b>Caractéristiques</b>			
	<b>Kit 1</b>	<b>Kit 2</b>	<b>Kit 3</b>	<b>Kit 4</b>
<b>Champ PV</b>	Panneau SRP-270-6PB : 270 W Nombre total : 3 Série : 3 Parallèle : 1	Panneau SRP-270-6PB : 270 W Nombre total : 4 Série : 2 Parallèle : 2	Panneau SRP-270-6PB : 270 W Nombre total : 9 Série : 3 Parallèle : 3	Panneau SRP-270-6PB : 270 W Nombre total : 12 Série : 3 Parallèle : 4
<b>Régulateur de charge</b>	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 150/35 Tr (150V)	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 150/35 Tr (150V)	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 150/35 Tr (150V)	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 150/70 Tr (150V)
<b>Parc de batterie</b>	Batterie VICTRON étanche Gel 12V / 60 Ah Autonomie : 30 min Série : 4 Parallèle : 1	Batterie VICTRON étanche Gel 12V / 90 Ah Autonomie : 1 h Série : 4 Parallèle : 1	Batterie VICTRON étanche Gel 12V / 165 Ah Autonomie : 1 h 30 min Série : 4 Parallèle : 1	Batterie VICTRON étanche Gel 12V / 220Ah Autonomie : 2h Série : 4 Parallèle : 1
<b>Onduleur</b>	VICTRON Phoenix 48/3000 Puissance nominale : 3000 W Puissance de pointe : 6000 W	VICTRON Phoenix 48/3000 Puissance nominale : 3000 W Puissance de pointe : 6000 W	VICTRON Phoenix 48/3000 Puissance nominale : 3000 W Puissance de pointe : 6000 W	VICTRON Phoenix 48/3000 Puissance nominale : 3000 W Puissance de pointe : 6000 W
<b>Système de commande</b>	Altistart 01 - ATS01N125FT - démarreur-ralentisseur progressif - 25A - 110..480V	Altistart 01 - ATS01N125FT - démarreur-ralentisseur progressif - 25A - 110..480V	Altistart 01 - ATS01N125FT - démarreur-ralentisseur progressif - 25A - 110..480V	Altistart 01 - ATS01N125FT - démarreur-ralentisseur progressif - 25A - 110..480V

	Caractéristiques			
	Kit 5	Kit 6	Kit 7	Kit 8
<b>Champ PV</b>	Panneau SRP-270-6PB : 270 W Nombre total : 15 Série : 3 Parallèle : 5	Panneau SRP-270-6PB : 270 W Nombre total : 18 Série : 3 Parallèle : 6	Panneau SRP-270-6PB : 270 W Nombre total : 21 Série : 3 Parallèle : 7	Panneau SRP-270-6PB : 270 W Nombre total : 24 Série : 4 Parallèle : 6
<b>Régulateur de charge</b>	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 150/70 Tr (150V)	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 150/85 Tr (150V)	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 250/100 Tr	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 250/100 Tr
<b>Parc de batterie</b>	Batterie VICTRON étanche Gel 12V / 220 Ah Autonomie : 2 h 30 min Série : 4 Parallèle : 1	Batterie VICTRON étanche Gel 12V / 130 Ah Autonomie : 3 h Série : 4 Parallèle : 2	Batterie VICTRON étanche Gel 12V / 165 Ah Autonomie : 3 h 30 min Série : 4 Parallèle : 2	Batterie VICTRON étanche Gel 12V / 165 Ah Autonomie : 4 Série : 4 Parallèle : 2
<b>Onduleur</b>	VICTRON Phoenix 48/3000 Puissance nominale : 3000 W Puissance de pointe : 6000 W	VICTRON Phoenix 48/3000 Puissance nominale : 3000 W Puissance de pointe : 6000 W	VICTRON Phoenix 48/3000 Puissance nominale : 3000 W Puissance de pointe : 6000 W	VICTRON Phoenix 48/3000 Puissance nominale : 3000 W Puissance de pointe : 6000 W
<b>Système de commande</b>	Altistart 01 - ATS01N125FT - démarreur-ralentisseur progressif - 25A - 110..480V	Altistart 01 - ATS01N125FT - démarreur-ralentisseur progressif - 25A - 110..480V	Altistart 01 - ATS01N125FT - démarreur-ralentisseur progressif - 25A - 110..480V	Altistart 01 - ATS01N125FT - démarreur-ralentisseur progressif - 25A - 110..480V

#### **IV. Recommandations**

Les recommandations pour l'amélioration des performances du moulin sont :

- Remplacer les moteurs existants par des moteurs de classe d'efficacité IE3 et de type de service S1
- Protéger le moulin par un choix convenable du disjoncteur.
- En cas de blocage du moulin, il faut mettre hors tension le moulin et vider la chambre de broyage avant de redémarrer le moulin.
- Toujours démarrer le moulin à vide avant de commencer la mouture de céréales.
- Proposition d'un moteur de 1 kW pour les décortiqueuses pour les usages étudiés (coque d'arachide).
- Installation des variateurs de vitesse ou démarreurs progressifs en fonction du type d'utilisation
- Définir un processus de fabrication uniforme pour standardiser des équipements productifs
- Amélioration du système mécanique du moulin pour améliorer le rendement et la productivité

## Conclusion

L'alimentation des moulins par des systèmes PV s'inscrit dans la dynamique de la lutte contre le déficit énergétique au quel fait face cette partie de l'Afrique où le potentiel solaire est pourtant très élevé.

Nous avons dans cette étude, présenté les équipements productifs et leurs caractéristiques, ensuite effectué des tests qui nous ont permis de mesurer les performances et déterminer l'efficacité des équipements productifs. Ensuite à partir des données obtenues lors des tests, nous avons proposé des différents kits solaires pour différents cas d'utilisation. Les kits solaires sont dimensionnés en fonction du nombre d'heures d'utilisation. Enfin nous avons fait des recommandations pour l'amélioration du gain de performance et pérennité des équipements.

La qualité de la farine produite par le moulin en termes de finesse était bonne et les grains d'arachide issues de la décortiqueuse étaient brisées (mauvaise qualité). On en déduit que ces décortiqueuses ne peuvent pas être utilisées pour l'obtention des grains d'arachide entier. L'analyse des données sur le test sur les décortiqueuses nous montre des performances différentes, ce qui montre le processus de fabrication des équipements productifs n'est pas uniforme ce qui pourrait fausser le dimensionnement de kits solaires.

Pour approfondir ce travail une étude économique des kits solaires est nécessaire à savoir : le taux de rentabilité, le temps de retour sur investissement d'un utilisateur qui ferait l'acquisition de ces kits. L'amélioration des équipements productifs aura un impact positif sur le dimensionnement des kits et donc leur cout d'acquisition et leur rentabilité.